

## Pengaruh Laku Panas Penuaan Terhadap Presipitasi $TiNi_3$ Paduan Ti-50.04%At.Ni

E. Panjaitan<sup>1)</sup> dan D. N. Adnyana<sup>1,2)</sup>

1) Program Studi Materials Science, Program Pascasarjana Universitas Indonesia

2) UPT-Laboratorium Uji Konstruksi, BPPT

E. Panjaitan dan D. N. Adnyana, Pengaruh Laku Panas Penuaan Terhadap Presipitasi  $TiNi_3$  Paduan Ti-50.04%At.Ni. Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material, Desember 1999; 1(3): 83-87

### Abstrak

Paduan  $TiNi$  merupakan paduan ingat bentuk yang dicirikan oleh adanya transformasi fasa reversibel. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan karakteristik presipitat  $TiNi_3$  sebagai akibat perlakuan panas penuaan pada paduan Ti-50.04%at.Ni, dengan tujuan untuk dapat mempelajari perilaku presipitat  $TiNi_3$  dan pengaruhnya terhadap temperatur transformasi fasa. Pengamatan struktur presipitat dilakukan dengan menggunakan metoda mikroskop elektron transmisi TEM dan temperatur transformasi diamati dengan menggunakan metoda resistivitas listrik *four point probe*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa presipitat  $TiNi_3$  tumbuh membesar mengikuti penambahan waktu penuaan dengan orientasi pertumbuhannya adalah  $[311]_{TiNi_3} // [110]_{Matrix}$  dan  $(112)_{TiNi_3} // (111)_{Matrix}$ . Pertumbuhan presipitat tersebut tidak menimbulkan perubahan yang signifikan terhadap temperatur transformasi.

### Abstract

$TiNi$  alloy represents the shape memory alloy which is characterized by reversible phase transformation. In this investigation observation of characteristic  $TiNi_3$  precipitation of a Ti-50.04%at.Ni alloy affected of aging treatment was carried out. The research was intended to study the influence of  $TiNi_3$  precipitate against the phase transformation temperature. The structure precipitate was observed by transmission electron microscope (TEM) and the transformation temperatures measured by four-point probe electrical resistant method. Experimental results showed that  $TiNi_3$  precipitates grow up with aging time increased. The orientation of precipitate growth relatively to matrix was found lying on  $[311]_{TiNi_3} // [110]_{Matrix}$  and  $(112)_{TiNi_3} // (111)_{Matrix}$ . This precipitate growth did not significantly affect the transformation temperature.

### Pendahuluan

Efek ingat bentuk muncul pada beberapa paduan tertentu menunjukkan transformasi fasa bolak-balik martensit - austenit, dimana transformasi ini melibatkan deformasi geser yang besar sehingga terjadi perubahan struktur tanpa

difusi<sup>1</sup>. Salah satu paduan yang menunjukkan fenomena tersebut adalah paduan  $TiNi$  dengan komposisi equiatomik (49-51% atom Ni).

Pada paduan  $TiNi$ , kemampuan transformasi balik dari fasa martensit ke fasa austenit dan atau sebaliknya, diantaranya dipengaruhi oleh presipitat

yang terbentuk sebagai akibat laku panas penuaan setelah mengalami laku panas pelarutan<sup>2</sup>. Laku panas penuaan ini mengakibatkan tumbuhnya presipitat, yang meliputi presipitat metastabil (Ti<sub>2</sub>Ni<sub>3</sub> dan Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>) dan presipitat stabil yaitu TiNi<sub>3</sub>.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa apabila presipitat Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub> terbentuk, maka akan mempengaruhi transformasi fasa paduan TiNi. Hal ini disebabkan karena dengan terbentuknya presipitat metastabil Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub> akan menumbuhkan fasa R yang muncul diantara fasa martensit dan fasa austenit ketika transformasi fasa tersebut terjadi. Memanfaatkan batasan-batasan perlakuan panas penuaan tertentu, adanya fasa antara tersebut, dimungkinkan untuk menumbuhkan sifat ingat bentuk dua arah (*two-way shape memory*)<sup>3</sup>.

Presipitat fasa stabil, TiNi<sub>3</sub>, dan pengaruhnya terhadap sensitifitas transformasi fasa, belum banyak diteliti orang. Tetapi Toshio Saburi<sup>4</sup> dalam penelitian - nya menyatakan bahwa, paduan TiNi dengan komposisi 50-50,5% atom Ni yang mengalami laku panas penuaan tidak sensitif terhadap temperatur. Hal ini disebabkan karena laku panas penuaan pada paduan TiNi dengan komposisi tersebut tidak menumbuhkan presipitat metastabil Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>.

Dalam penelitian ini, dilakukan penelitian presipitasi TiNi<sub>3</sub> yang terbentuk pada paduan Ti-50,04 %at. Ni sebagai akibat perlakuan panas penuaan yang dimaksudkan untuk dapat mengetahui perilaku karakteristik presipitat tersebut terhadap temperatur transformasi.

### Bahan Dan Cara Kerja

Bahan paduan ingat bentuk TiNi berupa kawat dengan komposisi 50,04% atom Ni, dikenai laku panas pelarutan

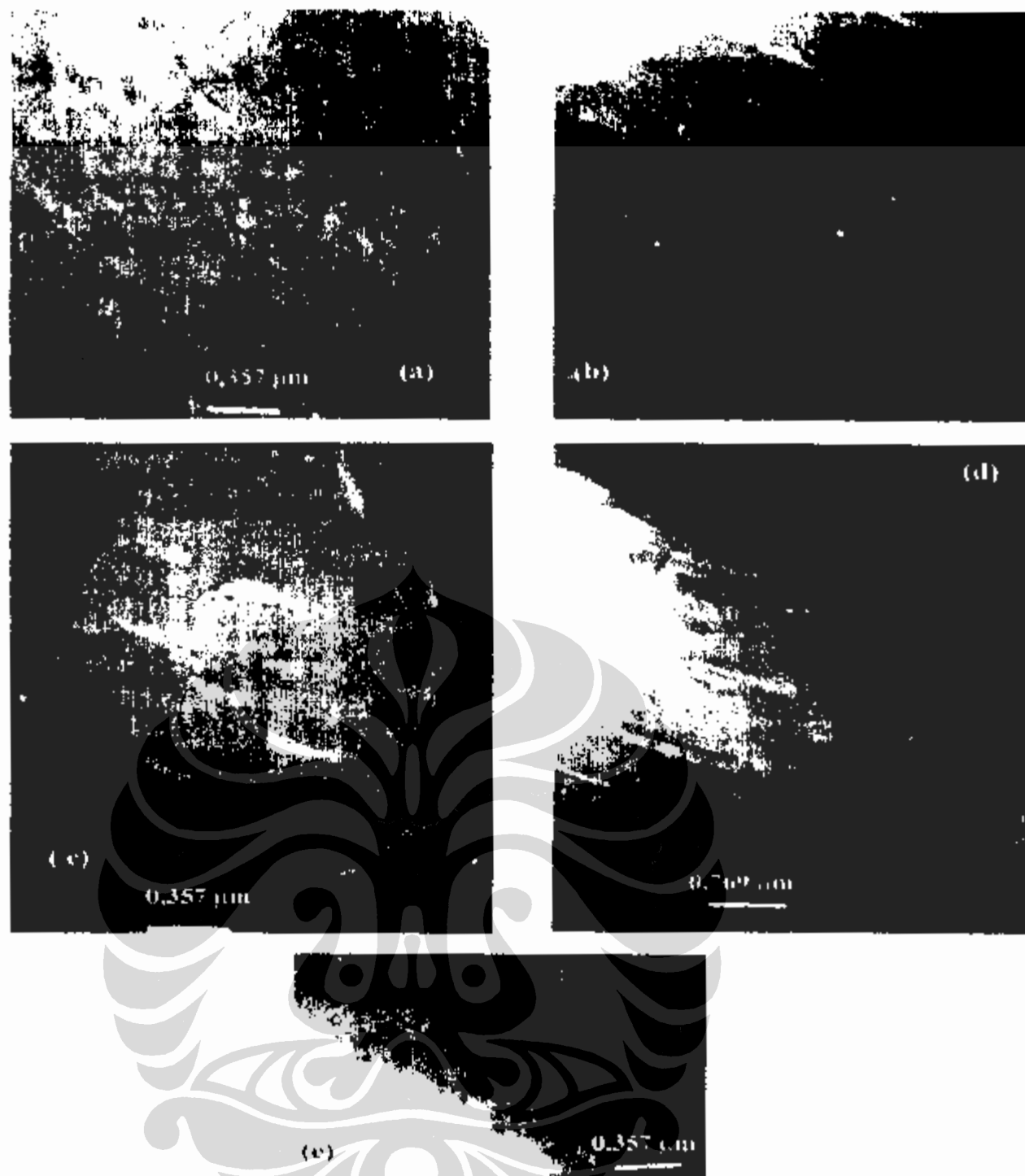
(*solid solution treatment*) pada temperatur 1000°C selama 1 jam yang selanjutnya didinginkan cepat pada media air dan diikuti laku panas penuaan pada temperatur 550°C selama 1, 2, 5, 10 dan 30 jam. Pengamatan struktur mikro dan struktur kristal presipitat dilihat dengan menggunakan instrumen TEM CM-12 Philips. Untuk pengujian TEM tersebut terlebih dahulu cuplikan ditipiskan menggunakan *jett electro polishing* pada larutan 20% V. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam metanol pada temperatur 5°C. Sedangkan pengamatan temperatur transformasi diukur dengan menggunakan metoda resistivitas listrik *four point probe*.

### Hasil dan Pembahasan

Presipitat yang terbentuk berupa pelat-pelat yang timbul sebagai pengkayaan unsur Ni, dengan semakin lamanya waktu penuaan maka dimensi panjang presipitat semakin besar. Dari Gambar 1.d, terlihat bahwa panjang presipitat maksimum terjadi pada penuaan 10 jam, sedangkan dengan semakin lama waktu penuaan, 30 jam, dimensi panjang presipitat relatif lebih pendek tetapi kerapatan presipitat tampak lebih besar dibandingkan kerapatan presipitat hasil penuaan 550°C selama 10 jam.

Pertambahan panjang presipitat yang dipengaruhi oleh pertumbuhan waktu penuaan kemungkinan disebabkan oleh pengaruh atom-atom Ni yang bergerak membentuk presipitat dengan unsur Ti sehingga terjadi penumpukan presipitat yang semakin besar dan mencapai maksimum pada waktu penuaan sekitar 10 jam. Penuaan yang lebih lama seperti ditunjukkan pada Gambar 1.e.

Pola difraksi bintang (*spot diffraction pattern*) dari presipitat untuk waktu penuaan 2 jam ditunjukkan pada Gambar 2, dengan pendekatan bahwa presipitat yang terbentuk adalah TiNi<sub>3</sub>



Gambar 1. Struktur mikro presipitat  $TiNi_3$  hasil penuaan  $550^\circ C$  selama (a) 1 jam, (b) 2 jam, (c) 5 jam, (d) 10 jam dan (e) 30 jam.

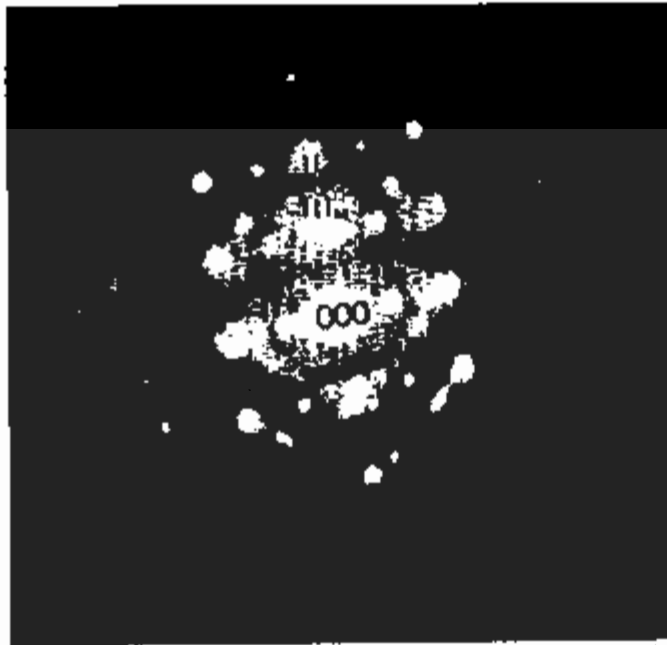
yang berstruktur heksagonal ( $a = 0.51028$  nm,  $c = 0.82719$  nm) dan matriks yang berfasa martensit dengan struktur monoklinik ( $a = 0.4622$  nm,  $b = 0.421$  nm,  $c = 0.2885$  nm dan  $\beta = 96.8^\circ$ )<sup>5</sup>.

Gambar 2 menunjukkan bahwa bidang-bidang tiap spot untuk matriks dan presipitat mempunyai arah zone axis masing-masing adalah  $[110]_{matriks}$  dan  $[311]_{TiNi_3}$ . Hasil pengamatan ini menunjukkan pula bahwa orientasi pertumbuhan presipitat relatif terhadap matriks adalah :

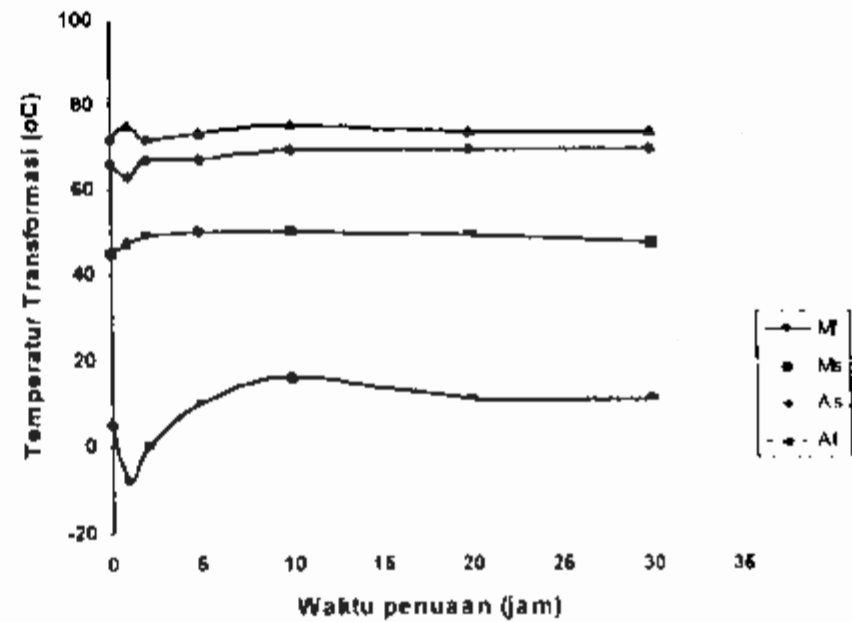
$$[311]_{TiNi_3} // [110]_{matriks}$$

Dilain pihak, pola difraksi menunjukkan pula bahwa bidang  $(112)_{TiNi_3}$  berimpit dengan bidang  $(111)_{matriks}$ . Bila diasumsikan bahwa pertumbuhan presipitat  $TiNi_3$  pada matriks  $TiNi$  adalah homogen, maka pertumbuhan presipitat  $TiNi_3$  juga mempunyai orientasi bidang relatif terhadap matriks, yaitu :

$$(112)_{TiNi_3} // (111)_{matriks}$$



Gambar 2. Pola difraksi bintang presipitat, dengan tiap spot menunjukkan bidang-bidang difraksi dari presipitat



Gambar 3. Kurva hubungan temperatur transformasi fasa terhadap waktu penuaan dari paduan Ti-50.04% At.Ni yang dituakan pada temperatur 550°C.

Pengamatan menggunakan metode pengukuran resistivitas listrik *four point probe* terhadap temperatur menunjukkan bahwa, akibat laku panas penuaan Ti-50.04% At.Ni pada temperatur 550°C selama 1, 2, 5, 10 dan 30 jam temperatur transformasi austenit start ( $A_s$ ), austenit finish ( $A_f$ ) dan martensit start ( $M_s$ ) tidak menunjukkan perubahan temperatur yang menyolok (Gambar 3).

Perbedaan maksimum dari temperatur transformasi tersebut adalah sekitar,  $\Delta A_s = 6^\circ\text{C}$ ,  $\Delta A_f = 3^\circ\text{C}$  dan  $\Delta M_s = 3^\circ\text{C}$ . Fenomena ini menunjukkan bahwa, laku panas penuaan pada paduan Ti-50.04% At.Ni tidak efektif untuk mengubah temperatur transformasi. Hal ini disebabkan karena penuaan pada paduan tersebut tidak menumbuhkan presipitat metastabil ( $Ti_2Ni_3$  dan atau  $Ti_3Ni_4$ ) yang mana presipitat metastabil tersebut efektif mempengaruhi temperatur transformasi<sup>3,6</sup>.

Presipitat  $TiNi_3$  yang terbentuk pada paduan TiNi dengan komposisi 50.04 % atom Ni, sebagai akibat laku panas

penuaan 550°C selama 1, 2, 5, 10 dan 30 jam, cenderung bertambah besar dan distribusinya semakin rapat dengan semakin lamanya waktu penuaan. Akan tetapi pertumbuhan presipitat tersebut tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap temperatur transformasi yaitu, perubahan temperatur transformasi fasa dari austenit ke martensit saat pendinginan dan atau sebaliknya dari fasa martensit ke austenit saat pemanasan.

S. Miyazaki dan K.Otsuka<sup>7</sup> menyatakan bahwa, transformasi fasa sangat dipengaruhi oleh kehadiran presipitat  $Ti_3Ni_4$  yang pada kerapatan tertentu mengakibatkan munculnya transformasi premartensitik yang mengawali transformasi martensitik. Transformasi premartensitik yang dimaksud adalah, transformasi *incommensurate* dan *commensurate*, di mana fasa *commensurate* ini adalah fasa rombohedral yang terdistorsi dan disebut fasa R. Karenanya transformasi fasa pada paduan TiNi yang mengandung presipitat  $Ti_3Ni_4$  dengan kerapatan tertentu adalah :

Fasa austenit (B2) → fasa *Incommensurate* (I) → fasa *Commensurate* (R) → Fasa martensit. Sedangkan pada paduan Ti-50.04% AtNi hasil penuaan 550°C ini menumbuhkan presipitat TiNi<sub>3</sub> dengan transformasi fasa selama proses pendinginan :

Fasa austenit (B2) → fasa martensit. Karenanya penumbuhan presipitat TiNi<sub>3</sub> tidak efektif mempengaruhi temperatur transformasi fasa.

### Kesimpulan

Perlakuan penuaan 550°C selama 1, 2, 5, 10 dan 30 jam pada paduan Ti-50.04% At.Ni dapat menumbuhkan presipitat TiNi<sub>3</sub> yang berstruktur heksagonal yang tumbuh membesar dan kerapatannya semakin meningkat. Sedangkan orientasi pertumbuhan presipitat relatif terhadap matriks mengikuti hubungan  $[311]_{TiNi_3} // [110]_{Matriks}$  dan  $(112)_{TiNi_3} // (111)_{Matriks}$ . Tumbuhnya presipitat TiNi<sub>3</sub> tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap temperatur transformasi fasa ( $\Delta A_s = 6^\circ C$ ,  $\Delta A_f = 3^\circ C$  dan  $\Delta M_s = 3^\circ C$ ).

### Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-

besarnya kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Ilmu Bahan, DR. Wuryanto, Kepala Balai Teknokimia, Dra. Rukihati, SU, dan kepada Ketua Program Studi materials Science Program Pascasarjana UI, Ronnie H. Rusli, MSc., PhD., atas segala bantuan dan dorongan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

### Daftar Pustaka

1. S. Miyazaki and K. Otsuka, *Development Of Shape Memory Alloys*, ISIJ International, 1989 : 29-353
2. K. Otsuka and K. Shimizu, *International Metals Review*, 1986 : 31-93
3. K. Otsuka, *Recent Development Of TiNi And TiNi Based Ternary Shape Memory Alloys*, Proceeding Of The International Symposium On Shape Memory Materials, 1994 : 129
4. T. Saburi, *Trans. Mat. Res. Soc. Japan*, B.V, 1994 : 997
5. M. Nishida, H. Ohgi, I. Itai, A. Chiba, K. Yamauchi, *Acta Metall Mater.* 1995: , 43-3-1219
6. C.Y. Xie, L. C. Zhao, T. C. Lei, *Scripta Metallurgical*, 1989 : 23-2131
7. T. Tadaki, *Ann. Rev. Mater. Sci.* 1988 : 18-25